

FREZELEMEDE KESİCİ TAKIM ÇAPI, AĞIZ SAYISI VE TALAŞ AÇISININ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE KESİCİ TAKIM SEHİMLERİNE ETKİLERİ

Barkın BAKIR¹, Mustafa KURT², Gültekin BASMACI³, Oğuz GİRİT⁴

¹barkinbakir@marmara.edu.tr Marmara Üniversitesi, Makine Eğitimi Bölümü, 34722 İstanbul

²mkurt@marmara.edu.tr Marmara Üniversitesi, Makine Eğitimi Bölümü, 34722 İstanbul

³gbasmaci@marmara.edu.tr Marmara Üniversitesi, TBYMO, İstanbul

⁴ogirit@marmara.edu.tr Marmara Üniversitesi, Makine Eğitimi Bölümü, 34722 İstanbul

ÖZET

Metal kesmenin modellenmesi özellikle kesici takım, talaş arayüzü için oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Frezelemede kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini belirlemek için taguchi deney metodu yardımı ile L36 karma tasarım deney dataları dizayn edildi. İlerleme hızı, kesme hızı, talaş derinliği, kesme derinliği, talaş açısı ve kesici takım çapı kontrol faktörü olarak seçilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen etken faktörleri belirlemek için ANOVA analizi yapılmıştır. Minimum yüzey pürüzlülüğü ve sehim için optimum talaş kaldırma kombinasyonları belirlenmiştir. Doğrulama deneyleri tüm çıkış parametrelerinin optimizasyonunda başarılı sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar ışığında sonuç olarak matematiksel modeller oluşturulmuştur. Elde edilen modeller yardımıyla minimum yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesi için gerekli şartlar belirlenebilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Frezeleme, Kesici Takım, Sehim, Yüze Pürüzlülüğü

ABSTRACT

Modeling of metal cutting, especially for cutting tool and chip interface has a quite complex structure. In milling to determine effects of cutting parameters on surface roughness, composite design experimental datas are designed with the help of taguchi testing methods. Feed rate, cutting speed, cutting depth, depth of chip, rake angle and radius of cutting tool are selected as a control factor. ANOVA analysis is conducted to determine factors of effecting surface roughness. Minimum surface roughness and deflection combinations are specified for optimum cutting. Verification tests have successful results for optimizing of all output parameters. As a result of the view of the such information mathematical modeling are formed. Optimum condition is determined with the help of the obtained models to obtain minimum surface roughness.

Keywords: Milling, Cutting Tool, Deflection, Surface Roughness

1. GİRİŞ

Talaş kaldırma işlemi istenen geometri, tolerans ve yüzey kalitesine sahip parça üretimi için yüzeyden malzeme (talaş) kaldırarak gerçekleştirilen bir imalat yöntemidir. Talaş kaldırma olayı sadece teorik olarak incelenerek açıklanabilecek bir olay değildir. Deneysel olarak kesme parametreleri ve beraberinde kesici takım, iş parçası ve makine gibi mekanik elemanlar prosesin bir parçası olarak değerlendirilmelidir[1].

Yüzey pürüzlülüğü, kesme hızı, ilerleme hızı, takım aşınması ve kesme kuvvetleri gibi kesme parametrelerine ve takım geometrisine bağlı bir işlenebilirlik parametresidir[2].

İşlenebilirlik göstergeleri olarak kesici takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü gibi faktörler genel olarak dikkate alınan parametrelerdir. Ayrıca yüzey kalitesine etki eden farklı birçok etken vardır. Bunlar ilerleme hızı, malzeme sertliği ve karakteristiği, kesme hızı, kesme derinliği, kesme zamanı, kesici takım uç radyüsü, kesici takım kesme kenar açısı, takım tezgahı rijitliği ve iş parçasının bağlanması, titreşim ve kesme sıvısıdır [3].

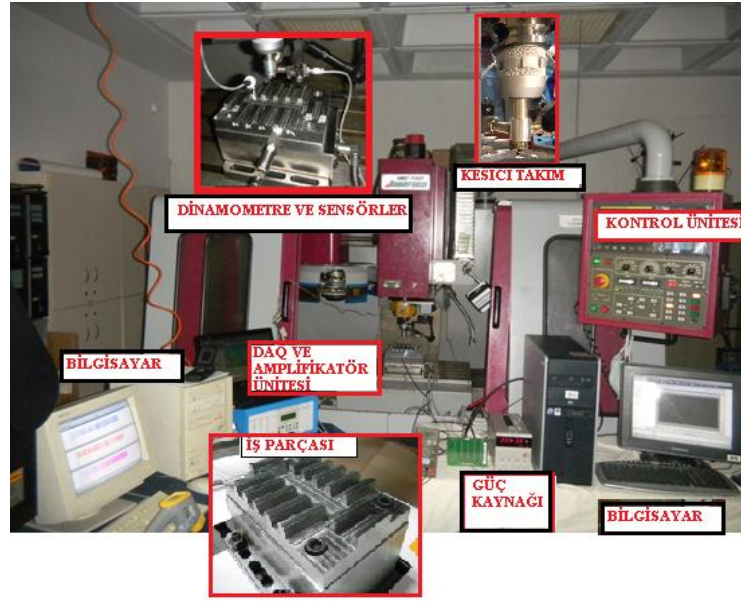
Otomasyon sistemleri ile üretimi gerçekleşen ve sayıları hayli çok olabilen üretim parçaların her birinin tek tek yüzey kalitesinin ve boyutunun analizini yapabilmek mümkün olmakla beraber zaman ve maliyet açısından tercih edilmesi mümkün değildir. Bu bağlamda, tahmin modellerinin geliştirilmesi ve uygulanması ile zaman ve maliyet minimize edilebilmektedir. Otomasyon sisteminde sürekli akışın olduğu dikkate alındığında, üretilen parçalara bağlı bir tahmin modeli yerine alternatif modeller geliştirmek birçok avantajı da beraberinde getirebilecektir. Tüm bunlar dikkate alındığında, üretilen parça yerine parçanın şekillendirilmesi esnasında oluşan talaş ve geometrisi baz alınarak model geliştirilmesi bu çalışmanın amacını teşkil etmektedir. Bu durumda, otomasyon sürecine müdahale edilmemiş olacak ve zaman tasarrufu sağlanacaktır. Bu bağlamda işlenen malzemelerin yüzey pürüzlülüklerinin tahmin edilmesi konusunda da yapay sinir ağları gibi yöntemler üzerine çalışmalar yapılmıştır [4,5].

Son zamanlarda, talaşlı imalatta optimizasyona dayalı araştırmaların yoğun olarak yapıldığı görülmektedir Taguchi optimizasyon yöntemi kullanılarak mümkün olduğunca az deney sayısında, karışık hesaplamalara ihtiyaç duymadan giriş parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, aşınma gibi işleme çıktıları üzerindeki etkileri belirlenebilmektedir. Bunlarla beraber sistemin optimizasyonu (en iyileştirmesi) de yapılabilmektedir. Son yıllarda bu yöntem ile işlenen yüzeyin pürüzlüğünün tahmini ve optimizasyonu üzerine yaygın çalışmalar yapılmaktadır [6,7]

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Materyaller

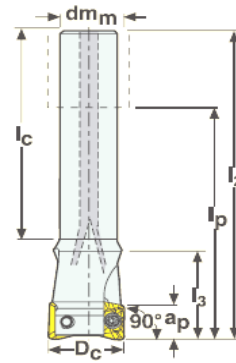
Deney düzeneğinde kullanılan CNC tezgahı; üç eksenli lineer ve dairesel enterpolasyon yapabilen, metrik ve inç birimlerinde ISO format programlama yapabilen FANUC kontrol ünitesi O-M serisi bir tezgahdır.



Şekil 1. Deney ölçüm düzeneği [8]

Deneylerde 12 mm ve 16 mm çapa sahip 2 ağızlı ve 3 ağızlı değiştirilebilir uçlu parmak freze kullanılmıştır. Boyutsal ve mekanik bilgiler Şekil 2’de verilmiştir. Kullanılan uçlarda Ti(C,N) + (Ti,Al)N + Ti üç katman kaplama mevcuttur.

Çap(mm)	z	ap	l2	lp	l3	lc
12	2	5	80	35	17	62
12	3	5	80	35	17	42
16	2	5	90	42	19	70
16	3	5	90	42	19	70



Şekil 2. Deneylerde kullanılan kesici takımlar

Kesici Uçlar		r	Talaş Açısı	Kaplama Türü	l	d	s
	E03	0.4	24 °	F40M (Ti, Al)N – TiN	6,94	4,09	2,45
	M05	0.4	30 °	F40M (Ti, Al)N – TiN	6,94	4,09	2,45

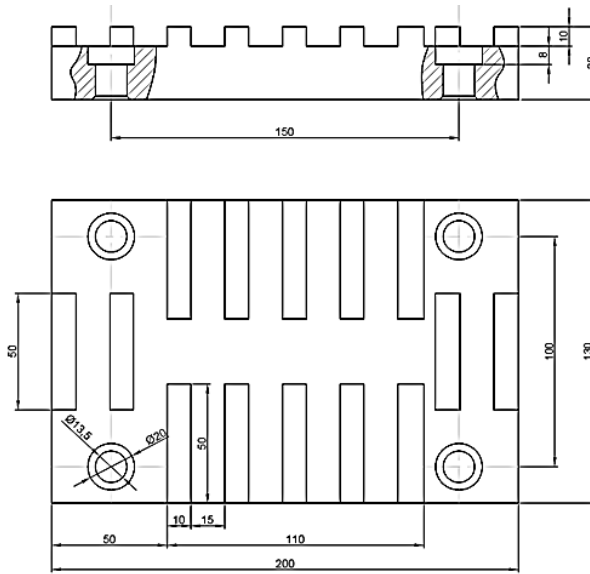
Şekil 3. Kesici Uç XOMX 060204R-M05 ve XOEX 060204FR-E03 [9]

Deneylerde kullanılan DIN 1.2379 X155CrVMo12 malzemesi kullanılmış kimyasal ve mekanik özellikleri Tablo 1’ de verilmiştir.

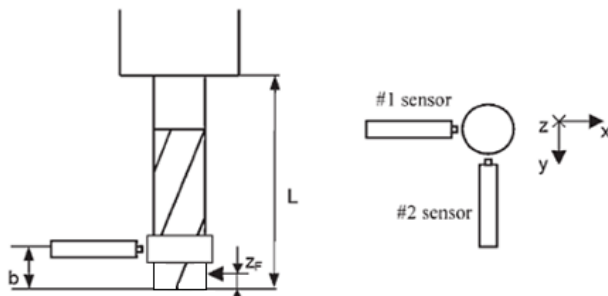
Tablo 1. DIN 1.2379 X155CrMo12 malzemenin mekanik ve kimyasal özellikleri

EN/DIN	AISI	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co
1.2379 X155CrMoV12	D2	1,55	0,30	0,30	11,30	0,75	-	0,75	-	-
Sertlik[HRC]	62	Akma Dayanımı [MPa]				2200				

Deneyde kullanılan iş parçasının teknik resmi Şekil 4' deki gibi blok malzemeden şekillendirilmiş olup kuvvet dinamometresinin ölçüm standartlarına göre hazırlanmıştır.



Şekil 4. Deney parçası[8]



Şekil 5. Kesici sehimi ölçüm deney düzeneğinin şematik ve gerçek gösterimi

Deneyisel çalışmada kesici takım sehimleri indüktif sensörlerle yapılmıştır. Kesici takım bağlama mesafeleri ve sensör uzaklıkları literatürdeki tavsiye edilen ideal bağlama boyları baz alınarak düzenek tasarlanmıştır. Sensörler birbirine 90 derece dik olacak şekilde manyetik tutucular ile

tezgah gövdesine tutturulmuşlardır. Kesiciler üzerine farklı çaplar için yapılmış hassas işlenmiş alüminyum parçalar geçirilerek helisli kısımdan sehim ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için DIN ISO, CNOMO parametrelerinin seri ölçümleri yapabilen, otomatik ve dinamik kalibrasyon özelliğine sahip, otomatik, 1,75 / 5,6 /17,5 mm tarama boyu seçimli, profil çözünürlüğü 0,012µm, entegre termal yazıclı MAHR Perthometer M1 ölçü aleti kullanılmıştır.

2.2. Deney Tasarımı

Deney tasarım metotları, en az deney ile en fazla sonuç elde etmek için değişkenlerin deney kombinasyonlarını düzenleyen metotları içermektedir. Deney tasarım yöntemleri düzenlediği deney sayısına ve etkili sonuçlar çıkarma kabiliyetleri açısından birbirinden ayrılmaktadır. Deney tasarımı, elde var olan opsiyonların seçimi ile ilgilidir. Elde var olan ve çalışan bir modelin karar değişkenleri arasında en iyiyi seçmek için kullanılırlar [10].

Taguchi Yöntemi pek çok imalat sektöründe başarılı bir şekilde kullanıldığı ispatlanmıştır. Mühendislik analizlerinde genişçe kullanılmakta olan Taguchi Tekniği proses yada ürünlerin mühendislik optimizasyonunda üç adımlı yaklaşım önermiştir; sistem tasarımı, parametre tasarımı ve tolerans tasarımıdır [11,12].

Deneyel çalışmada Taguchi Tekniğine göre tasarım yapılmıştır. Faktör ve seviye sayıları farklı olduğu için Minitab yazılımından yararlanarak L₃₆ Ortogonal (mixed level design) dizine göre 36 adet deney yapılmasına karar verilmiştir. Değişik parametreleri içeren 36 adet deney yapılmıştır. Kuvvet, yüzey pürüzlülüğü ve sehimler ölçülmüştür. Deney tasarımı Tablo 2.' de verilmiştir.

Tablo 2. Frezeleme parametreleri ve seviyeleri [8]

FREZELEME PAREMETRELERİ VE SEVİYELERİ					
NO	FAKTÖRLER	Birim	Seviyeler		
			1	2	3
1	KESME HIZI	(m/min)	120	150	180
2	İLERLEME	(mm/diş)	0.025	0.050	0.075
3	TALAŞ DERİNLİĞİ	(mm)	1.5	2.0	2.5
4	TALAŞ AÇISI	(derece)	24	30	-----
5	TAKIM ÇAPI	(mm)	12	16	-----
6	AĞIZ SAYISI	(adet)	2	3	-----

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Sehimlerin oluşumuna en etkili parametrenin kesici takım diş başına ilerlemesi, ikinci etken parametrenin kesme derinliği olduğu tespit edilmiştir. Bunları sırasıyla kesme hızı, kesici takım ağız sayısı, kesici takım çapı ve talaş açısı izlemektedir.

Ağız Sayısı: 2 adet; Kesici Takım Çapı:12 mm; Talaş Açısı: 24 derece; Kesme Hızı: 180 m/min; ilerleme hızı 0.025 mm/diş; kesme derinliği:1.5 mm olan şartlar sehim değerlerinin en küçük olduğu optimum şartlar olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre Taguchi yöntemi tahmin neticesi 0,012 mm olarak hesaplanmıştır ve yapılan doğrulama deney neticesinde 0.018 mm sehim tespit edilmiştir.

Tablo 3. Sehim için her bir seviyedeki faktörlerin etkisi

KESME PAREMETRELERİ SİNYAL/GÜRÜLTÜ ORANLARI (dB)						
Seviye	AGIZ	CAP	ACI	HIZ	İLERLEME	KESME DERİNLİĞİ
1	23,31	22,75	22,45	21,51	25,5	25,26
2	21,21	21,35	21,65	20,27	22,35	22,59
3				24,37	18,3	18,3
Max-Min	2,11	1,41	0,8	4,1	7,19	6,96
Sıralama	4	5	6	3	1	2

Talaş kaldırma işleminde kullanılan bağımsız değişkenler (kesici takım ağız sayısı, kesici takım çapı, talaş açısı, kesme hızı, diş başı ilerleme ve kesme derinliği) ile bağımlı değişken (kesici takımda meydana gelen sehim) arasında tahmini denklem oluşturma ve bunlar arasındaki ilişkiyi tanımlayabilmek için regresyon analizi kullanılmıştır. Talaş kaldırma deneyleri neticesinde oluşan sehime (δ) ait matematiksel model elde edilirken; kesici takım ağız sayısı (z), kesici takım çapı (d) talaş açısı (α), kesme hızı (v), diş başına ilerleme (f) ve kesme derinliği (a) ya bağlı olarak ikinci dereceden regresyon modeli:

$$\delta = k_0 + k_1 * z + k_2 * d + k_3 * \alpha + k_4 * v + k_5 * f + k_6 * a + k_7 * z^2 + k_8 * d^2 + k_9 * \alpha^2 + k_{10} * v^2 + k_{11} * f^2 + k_{12} * a^2 + k_{13} * z * d + k_{14} * z * \alpha + k_{15} * z * v + k_{16} * z * f + k_{17} * z * a + k_{18} * d * \alpha + k_{19} * d * v + k_{20} * d * f + k_{21} * d * a + k_{22} * \alpha * v + k_{23} * \alpha * f + k_{24} * \alpha * a + k_{25} * v * f + k_{26} * v * a + k_{27} * f * a$$

şeklinde elde edilmiştir. Bu denklemdeki sabit katsayılar Minitab R15 paket programı yardımıyla yanıt yüzey (response surface) metodu kullanılarak elde edilmiştir. Modele ait korelasyon katsayısı % 96.33 elde edilmiş ve bu durumda modelin uygun olduğunu göstermiştir.

Tablo 4. Yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri için her bir seviyedeki faktörlerin etkisi

KESME PAREMETRELERİ SİNYAL/GÜRÜLTÜ ORANLARI						
Seviye	AGIZ	CAP	ACI	HIZ	İLERLEME	KESME DERİNLİĞİ
1	11,596	11,134	11,883	10,013	15,101	11,885
2	10,649	10,922	10,173	12,304	11,346	9,922
3				10,767	6,638	11,277
Max-Min	0,947	0,213	1,71	2,291	8,463	1,964
Sıralama	5	6	4	2	1	3

Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü değerlerinin oluşumuna en etkili parametrenin kesici takım diş başına ilerlemesi, ikinci etken parametrenin kesme hızı olduğu tespit edilmiştir. Bunları sırasıyla kesme derinliği, talaş açısı, kesici takım ağız sayısı ve kesici takım çapı izlemektedir.

Ağız Sayısı: 2; Kesici Takım Çapı:12 mm; Talaş Açısı: 24 derece; Kesme Hızı: 150 m/min; ilerleme hızı 0.025 mm/diş; kesme derinliği:1.5 mm olan şartlar (Ra) Yüzey Pürüzlülüğü değerlerinin en küçük olduğu optimum şartlar olarak tespit edilmiştir. Yapılan Doğrulama Deneyleri neticesinde elde edilen bu yüzey kalitesi 0.088 μ m olarak ölçülerek deney setindeki şartlardan daha iyi bir sonuç olduğu tespit edilmiştir.

Talaş kaldırma deneyleri neticesinde oluşan Yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerlerine ait matematiksel model elde edilirken; kesici takım ağız sayısı (z), kesici takım çapı (d) talaş açısı (α), kesme hızı (v), diş başına ilerleme (f) ve kesme derinliği (a) ya bağlı olarak ikinci dereceden regresyon modeli:

$$R_a = k_0 + k_1 * z + k_2 * d + k_3 * \alpha + k_4 * v + k_5 * f + k_6 * a + k_7 * z^2 + k_8 * d^2 + k_9 * \alpha^2 + k_{10} * v^2 + k_{11} * f^2 + k_{12} * a^2 + k_{13} * z * d + k_{14} * z * \alpha + k_{15} * z * v + k_{16} * z * f + k_{17} * z * a + k_{18} * d * \alpha + k_{19} * d * v + k_{20} * d * f + k_{21} * d * a + k_{22} * \alpha * v + k_{23} * \alpha * f + k_{24} * \alpha * a + k_{25} * v * f + k_{26} * v * a + k_{27} * f * a$$

şeklinde elde edilmiştir.

Bu çalışmada frezelemede işlenen ürünün yüzey kalitesine, şekil, boyut ve konum toleransları üzerine tesir eden kesici takım sehimleri ölçülmüş minimum olduğu optimum şartlar belirlenmiştir. Ayrıca ortalama yüzey pürüzlülüğü için de optimum şartlar tayin edilmiştir.

4.KAYNAKLAR

- [1] TANGJITSITCHAROEN, S.;MORIWAKI, T.:Intelligent monitoring and identification of cutting states of chips and chatter on CNC turning machine, **Journal of Manufacturing Processes**, 48 (2008)1486-1494.
- [2] BENARDOS, P. G.; VOSNIAKOS, G. C.: "Predicting Surface Roughness in Machining: A Review", International Journal of Machine Tools and Manufacture, 43, (2003) 833-844.
- [3] ZEYVELİ M.; ALTUĞ M.:DIN 1.2767 Soğuk İş Takım Çeliğinin İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin İstatistiksel Analiz, **6th International Advanced Technologies Symposium** (IATS'11), Elazığ, Türkiye, Mayıs, (2011) 192-196.
- [4] RAWAT, S.; ATTİA, H.: Wear Mechanisms and Tool Life Management of Wc-Co Drills During Dry High Speed Drilling of Woven Carbon Fibre Composites, **Wear**, 267, (2009) 1022-1030.
- [5] TETI, R.; JEMIELNIAK, K.; O'DONNELL, G.; DORNFELD, D.: Advanced Monitoring of Machining Operations, **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, 59, (2010) 717-739.
- [6] ZHANG, J. Z.; CHEN, J. C.; KIRBY, E. D.: Surface Roughness Optimization in an End-Milling Operation Using the Taguchi Design Method, **Journal of Materials Processing Technology**, 184, (2007) 233-239.
- [7] DABADE, U. A.; JOSHI, S. S.; RAMAKRISHNAN, N.: Analysis of Surface Roughness and Chip Cross-Sectional Area While Machining with Self-Propelled Round Inserts Milling Cutter, **Journal of Materials Processing Technology**, 132, (2003) 305-312.
- [8] BAKIR,B.,Frezelemede Talaş Oluşumunun ve Geometrisinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin İncelenmesi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi,2012.
- [9] www.seco.com (05.10.2011)
- [10] SAVUR, M.K.: Statik Ve Dinamik Yüklemeler Altındaki Yapıların Ardışık Taguchi Metodu İle Optimum Tasarımı İçin Fortran Programı Geliştirilmesi, Master Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye (2007).
- [11] YANG, W.H.; TARNG, Y.S.: Design Optimization of Cutting Parameters for Turning Operations Based on the Taguchi Method, **Journal of Materials Processing Technology** 84 (1998) 122-129.
- [12] DAVIM, J.P.: Design of Optimisation of Cutting Parameters for Turning Metal Matrix Composites Based on the Orthogonal Arrays, **Journal of Materials Processing Technology**, 132 (2003) 340-344.